

Antes de nada creo conveniente agradecer a todas las personas que me han ayudado a lo largo de esta etapa en Francia y también a lo largo de la carrera su apoyo incondicional.

Gracias a Damian Soulat por guiarme a lo largo de estos cinco meses como tutor de proyecto; a Enrique Barbero como cotutor en mi universidad de origen en Madrid y coordinador de mi estancia fuera de España, quien ha ido haciendo un seguimiento de mi labor; a todos los doctorandos del departamento MMS por hacerme más fácil mi integración y el aprendizaje de su idioma en el día a día; y por supuesto a Carlos Navarro, profesor del que más he aprendido de estructuras, que me ayudó en momentos difíciles, y quien me inculcó la importancia de los materiales compuestos, base de mi proyecto.

También quiero agradecer a todos los compañeros que he ido encontrando a lo largo de tantos años en esta universidad, muchos de los cuales también son ya amigos. Su ayuda académica siempre fue importante, pero su lado humano sobresaliente. Y sin duda alguna a mi madre, a mi novia y al resto de mi familia y amigos.

# **Estudio de preformas en fibra de lino**

(Resumen en español)

## **1. Introducción**

Para realizar mi Proyecto Fin de Carrera de Ingeniería Industrial he tenido la oportunidad de realizar un semestre de prácticas en la Universidad Politécnica de Orléans (Francia), gracias al Plan de Acción de la Comunidad Europea para la Movilidad de Estudiantes Universitarios (ERASMUS). Más concretamente he trabajado en el departamento MMS (Matériaux et Mécanique des Structures), de Materiales y Estructuras de la citada universidad. Dicho proyecto ha sido desarrollado dentro de la temática de investigación “Comportamiento y procesos de fabricación de materiales compuestos”. En particular, mi labor ha consistido en el análisis de refuerzos de materiales compuestos de fibra natural (fibra de lino) durante la primera etapa del proceso RTM.

En la versión extendida del documento, en francés, puede encontrarse al final del mismo un anexo con la descripción detallada de este proceso. En este resumen se describe someramente en qué consiste, para así ubicar la labor desarrollada en el proyecto como la primera etapa de un proceso de fabricación industrial de piezas en materiales compuestos, muy común hoy en día y con muchas variantes.

Antes de describir el proceso RTM se dará una idea muy general sobre los materiales compuestos para aquellas personas que puedan leer este documento y no estén familiarizadas con ellos. Un material compuesto es aquel constituido por dos o más materiales diferentes, y que pretende combinar las mejores propiedades de ambos. Estos materiales de forma individual no tendrían gran valor mecánico, pero combinados pueden resultar muy poderosos. Así por ejemplo el hormigón es un material compuesto. Sin embargo, los materiales compuestos creados en la industria por medio del proceso RTM consisten en la unión de un refuerzo a base de fibras de un material con alta resistencia a tracción, y una matriz polimérica que envuelve dicho refuerzo y da consistencia y rigidez al conjunto.

RTM (Resin Transfer Molding) es un proceso de fabricación industrial donde el material a moldear (generalmente un polímero) se inyecta dentro de un molde, el cual contiene previamente las fibras o la preforma del material que actuará como refuerzo. Dicho molde se precalienta por encima de la temperatura de fusión del polímero para que este fluya mejor, y se coloca en una cámara provista de un émbolo que forzará al material a avanzar por unos canales hasta las cavidades diseñadas del molde.

En la mayoría de los materiales compuestos de este tipo el refuerzo suele ser una fibra sintética, como por ejemplo lo son la fibra de vidrio o la fibra de carbono, sin embargo, en este proyecto se han realizado preformas en fibra natural, concretamente con fibra de lino, lo cual resulta muy novedoso.

Otro dato importante de este proyecto es que las preformas realizadas no son planas. Es muy común y relativamente sencillo hoy en día, desarrollar piezas tipo panel o tipo viga, de mayor o menor espesor, pero siempre fabricadas en un mismo plano. Las preformas de este proyecto son más complejas, con formas tridimensionales.

Para finalizar esta introducción se debe comentar que todo el equipo y maquinaria utilizados tanto para la fabricación como para el posterior análisis de resultados de las preformas, ha sido creado por la corporación del sector de la aviación y el espacio EADS en colaboración con estudiantes y profesores de la Universidad Politécnica de Orléans y los laboratorios asociados Prisme. De hecho, dicha empresa se nutre de los estudios desarrollados por los alumnos como por ejemplo los llevados a cabo para desarrollar este proyecto.

## 2. El refuerzo: fibra de lino

El motivo por el que se está empezando a trabajar con fibra de lino en los materiales compuestos es doble: Ecológico y económico. Por una parte es fibra natural cuyo cultivo y extracción son respetuosos con el medio ambiente; y por otro lado dicho cultivo no es muy costoso y es una planta abundante en determinadas regiones de Europa como Francia. Además, sus propiedades mecánicas a tracción por unidad de masa son equiparables a las de la fibra de vidrio. Sin embargo, el principal problema que presenta esta fibra natural es la gran dispersión de resultados entre las propiedades de unas fibras y otras, que provoca una gran variabilidad en su comportamiento y consecuentemente una baja fiabilidad. Por este motivo, todas las piezas creadas a base de fibra de lino deben ser, hoy por hoy, de baja responsabilidad estructural.



### Composición de planta y fibras

La planta de lino está constituida por un tallo esbelto de una longitud aproximada de un metro y contiene a lo largo de toda su longitud haces de fibras que le confieren su rigidez (en la versión extendida del proyecto se detalla la composición de la planta y la sección transversal del tallo). Cada haz de fibras tiene una longitud de varios decímetros y reagrupa alrededor de cuarenta fibras pegadas entre sí por pectinas. A su vez, cada fibra tiene una longitud del orden del centímetro y un diámetro de unos 10 micras, lo que supone una relación  $L/d \approx 10^3$ .

Las fibras tienen una sección poligonal de entre 5 y 7 caras o bien elíptica, y está formada por paredes cilíndricas o prismáticas concéntricas. Cada una de estas paredes tienen una constitución diferente y una de ellas (concretamente la capa S2 de la pared secundaria) está constituida por láminas de celulosa paralelas entre sí unidas por una matriz de pectinas. Dentro de cada lámina están las micro-fibras que poseen muy buenas propiedades mecánicas. (Mirar figura 20 del proyecto).



Fibras de lino en una mecha

Los constituyentes de la fibra de lino son los mostrados en la tabla siguiente y sus proporciones varían según la variedad de lino considerada, las condiciones climáticas durante su crecimiento e incluso la calidad del suelo donde se ha cultivado. Los valores mostrados son valores medios. Además se muestra el valor del módulo de elasticidad estimado de cada componente como introducción a las propiedades físicas y mecánicas que se expondrán a continuación.

|                            | <b>Celulosa</b> | <b>Hemicelulosa</b> | <b>Lignina</b> | <b>Pectinas</b> | <b>Otros</b> |
|----------------------------|-----------------|---------------------|----------------|-----------------|--------------|
| <b>E<sub>i</sub> (GPa)</b> | 137             | 8                   | 4              | ?               | 0            |
| <b>x<sub>i</sub> (%)</b>   | 69              | 15                  | 4              | 2               | 10           |

### **Propiedades físicas y mecánicas.**

En cuanto a las propiedades físicas de la fibra de lino cabe destacar su baja densidad en comparación con otras fibras, que es de entorno a 1,5 Kg/l, y que unido a sus buenas propiedades mecánicas le aportan, como decíamos en la página anterior, unas propiedades específicas similares a las de la fibra de vidrio. Las dimensiones ya han sido comentadas y es importante recalcar la alta relación de esbeltez ( $L/d = 1000$ ) capital a la hora de fabricar materiales compuestos unidireccionales. El ángulo microfibrilar, que forman las micro-fibras con el eje de la fibra, es prácticamente constante y de entorno a  $10^\circ$ , lo cual explica las buenas propiedades mecánicas del lino (El algodón, por ejemplo, teniendo un contenido en celulosa cercano al 90%, su ángulo microfibrilar es muy variable, comprendido entre  $1$  y  $45^\circ$ , lo que le supone unas peores propiedades mecánicas). Por último, los defectos son el principal punto débil de la fibra de lino. Ciertos de ellos se producen de forma irreversible durante el crecimiento de la planta, otros durante proceso de siega y extracción, e incluso existen también defectos micro-estructurales no apreciables a simple vista. Estos defectos son una importante causa de la dispersión de resultados en las propiedades del lino.

La fibra de lino se sitúa entre las fibras vegetales más resistentes con un módulo de elasticidad de entorno a 50GPa y una tensión de rotura generalmente superior a 1000MPa. Por el contrario, su alargamiento a la ruptura es bajo. En tracción:

- ❖ Tensión de rotura:  $\sigma_r$  (MPa) = 600 – 2000
- ❖ Deformación a rotura:  $\epsilon_r$  (%) = 1 - 4
- ❖ Modulo de elasticidad: E (GPa) = 12 – 85

El valor de la tensión de rotura a compresión es de 1200 MPa  $\pm$  370 MPa.

En cuanto a los factores influyentes en el comportamiento y propiedades de las fibras de lino destacan tres. Internamente el tamaño del lumen de la fibra, a menudo pasado por alto, es un canal longitudinal central que permite la circulación del agua y cuyo tamaño permite determinar el grado de madurez de la fibra. Como factores externos, un aumento excesivo de temperatura crea deformaciones térmicas que producen fisuras y daños irreversibles y seca el agua de la fibra, empeorando sus propiedades físicas. El otro es el agua; la rigidez de una fibra disminuye con la absorción de agua,

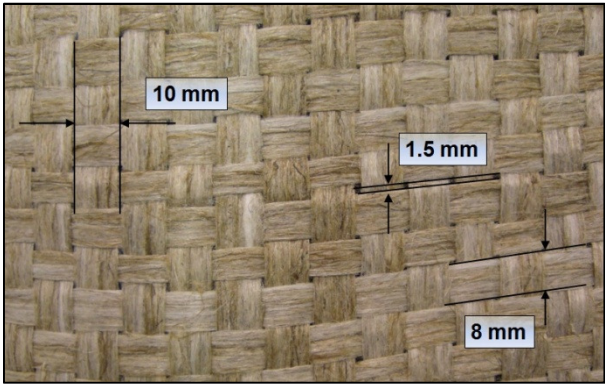
que se filtra por los poros y reduce la cohesión entre las micro-fibras. Además, la humedad provoca la formación de hongos rápidamente.

En cuanto a los modos de deformación y ruptura simplemente decir en este resumen que las fibras de lino tienen un comportamiento típicamente visco-elástico hasta un cierto valor a partir del cual presentan un comportamiento Hookiano. Y en cuanto a su comportamiento frente a fatiga cabe destacar que a carga máxima constante, la rigidez aumenta con cada ciclo.

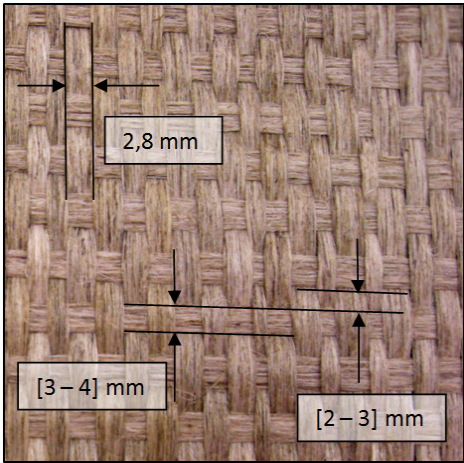
**Los tejidos utilizados**

Para llevar a cabo la fabricación de preformas complejas tridimensionales es necesario tejidos bidireccionales. Para ello existen diferentes formas de tejerlos, las más conocidas son: Sarga, Satín y Tafeta. Para el desarrollo de este proyecto se han utilizado dos tipos diferentes de tejidos, que a lo largo del proyecto son citados como tejido A y tejido B respectivamente. Las características principales se muestran en la siguiente tabla:

| Refuerzo | Tejido   | Équilibrado/<br>No<br>Equilibré | Ancho<br>de<br>tramas | Distancia<br>entre<br>tramas | Ancho<br>de<br>cadenas | Distancia<br>entre<br>cadenas |
|----------|----------|---------------------------------|-----------------------|------------------------------|------------------------|-------------------------------|
| A        | Taffetas | Non                             | 8mm                   | 1.5mm                        | 10mm                   | 0.5mm                         |
| B        | Taffetas | Non                             | 4mm                   | 2mm                          | 2.8mm                  | 0                             |



Refuerzo A



Refuerzo B

Es importante conocer con detalle las características y dimensiones de los tejidos a ensayar ya que una de las principales tareas del proyecto consiste en describir con detalle el estado final de estos.

Como se decía anteriormente, uno de los principales inconvenientes de este tipo de refuerzo de fibra natural, es la poca homogeneidad que presenta si lo comparamos con las fibras sintéticas. En las siguientes fotografías se muestran algunos defectos apreciables a simple vista:



Defectos en tejidos de fibra de lino

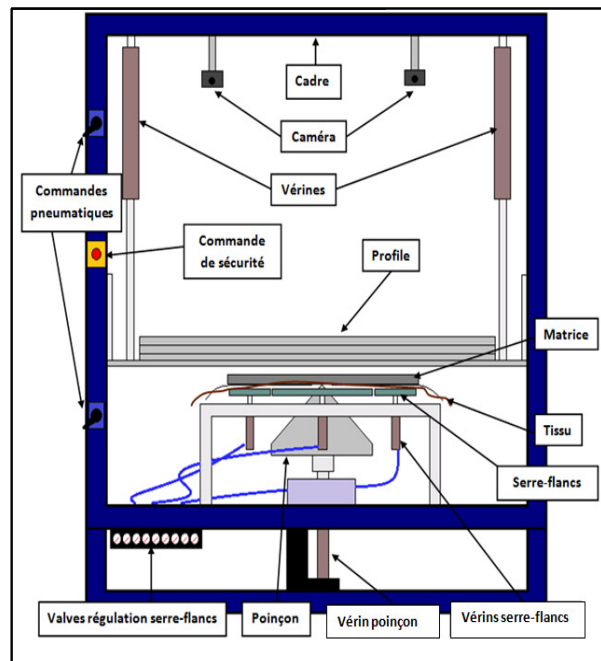
### 3. Procedimiento de ensayo

En primer lugar se describirá la máquina utilizada para llevar a cabo el ensayo con todos los componentes, posteriormente los preparativos y el modo de proceder.

#### Banco de ensayos para fabricar preformas de refuerzos secos.

Como dijimos, el laboratorio Prisme asociado a la Politécnica de Orléans y la sociedad EADS desarrollaron este sistema capaz de medir la deformación durante la primera etapa de fabricación del proceso RTM. Es una máquina de embutición vertical ascendente. Está constituido por una parte mecánica y una óptica.

La parte mecánica confiere la forma al refuerzo utilizado y contiene los mismos elementos que una prensa de embutición de chapas metálicas, es decir, un punzón provisto de un émbolo, sujeta-chapas, una matriz, etc. La matriz tiene una posición horizontal y está abierta en su interior para permitir el paso del punzón en su ascenso, el cual es concéntrico con ella. El punzón, al cual se adapta progresivamente el tejido, está guiado por un elevador eléctrico, de velocidad regulable. Existen tres tipos de punzones para realizar diferentes preformas: cúbico, tetraédrico y prismático-triangular. En este proyecto se han utilizado los dos últimos.



La parte óptica consiste en dos videocámaras y el software adecuado para el cálculo de desplazamientos y deformaciones sobre el tejido. En esta página se muestra un esquema de este banco de ensayos que se puede ver más ampliado en la figura 5 del proyecto.

## **Procedimiento.**

Un ensayo tiene cinco partes: preparación del tejido, puesta a punto y reglaje del banco de ensayos y las videocámaras, la embutición, el post-tratamiento de datos y por último el análisis y la presentación de resultados. El ensayo en sí puede llevar varios días teniendo en cuenta los tiempos de espera de secado (tanto de la pintura inicial como de la resina cáustica del final), y semanas si se incluye el análisis y post-tratamiento de datos.

Es importante que la muestra de tejido a ensayar sea lo más homogénea posible y no presente defectos (lo cual no siempre ocurre como se ha demostrado). Se corta un cuadrado de un metro de lado y se pinta una malla de pequeños puntos en la parte más visible de tramas y cadenas, los cuales servirán de marcadores que reconocerán y seguirán las cámaras. En función de la posición relativa de estos puntos entre el momento inicial y el final del ensayo se calcularán las deformaciones lineales y angulares.

Se debe colocar el tejido en la posición adecuada, ajustar el perfil, la matriz, los sujeta-chapas y todos los componentes mecánicos de forma adecuada. Es especialmente importante la presión de los cilindros neumáticos que controlan los sujeta-chapas, ya que una presión excesiva impide el deslizamiento del tejido, y una insuficiente impediría la adaptación del tejido sobre el punzón por falta de tensión. Además, mediante el programa informático adecuado se establecerá la velocidad de ascensión del punzón y la frecuencia de fotografías tomadas por las videocámaras. Por supuesto, las cámaras han de estar bien dirigidas, enfocadas y con el contraste adecuado.

Durante la embutición normalmente se toma una imagen cada dos segundos y la velocidad de ascensión del punzón es de :  $500\text{ }\mu\text{m/s}$ . Evidentemente las cámaras no se deben mover durante el ensayo ni los operarios interponerse entre ellas y el objeto filmado. Al finalizar se pulverizará una resina cáustica sobre la preforma para dotarla de rigidez, se procederá al secado (primero rápido con la ayuda de un secador y luego lento al aire durante un día) y cuando éste sea efectivo se desmoldará.

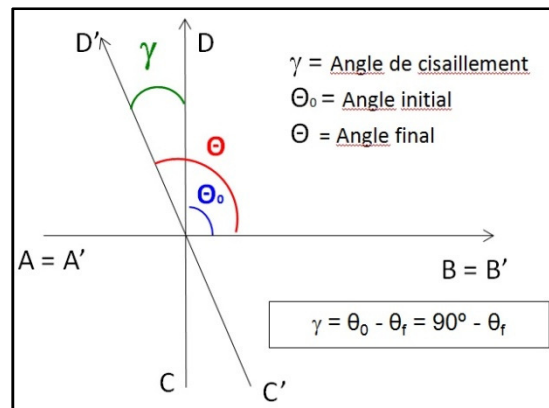
Habiendo generado los archivos adecuados y registrado la posición en cada momento del proceso de embutición, se procede al cálculo del ángulo de cizallamiento (o deformación angular) de diferentes zonas de la preforma. Generalmente se analizan las zonas más comprometidas, que suelen ser las aristas y los puntos triples (intersección de tres aristas). No sólo se llevan a cabo estudios cuantitativos sino también cualitativos, describiendo los fenómenos más importantes encontrados tras el ensayo, como son la formación de bucles, pliegues y la distancia entre mechas, que inicialmente se encontraban prácticamente juntas.

## **Base teórica de cálculo del ángulo de cizallamiento.**

Para calcular el ángulo de cizallamiento se han utilizado tres procedimientos diferentes. El más rudimentario consiste en la medida del ángulo final que forman las mechas de forma manual, con un transportador de ángulos y el material necesario para poder llevar a cabo la medición. Como el ángulo inicial es de  $90^\circ$ , el ángulo de cizallamiento será la diferencia entre el inicial y el final



Otra forma es a partir del producto escalar entre los vectores AB y CD. De forma que conociendo las coordenadas iniciales y finales de los puntos que los definen, podemos hallarlo. Como el producto escalar de dos vectores también se puede calcular como el producto de sus normas por el coseno del ángulo que forman, y sus normas son calculables, podemos obtener dicho ángulo.



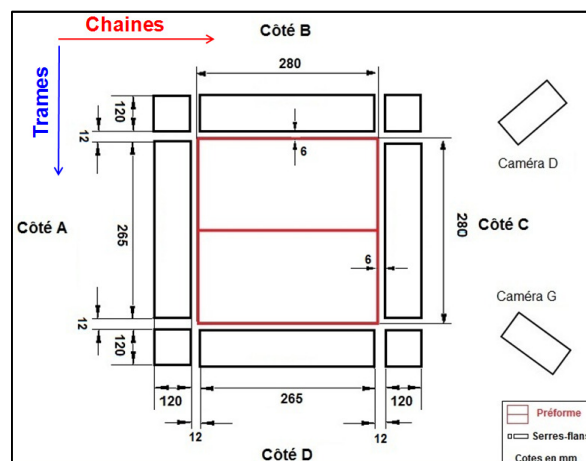
La tercera forma es a partir del software DEFTAC 3D y los programas definidos en MATLAB para calcularlo (Ver Anexo correspondiente el proyecto)

## 4. Resultados de los ensayos

### Primer ensayo: Preforma prismática y refuerzo A

Antes de nada se muestra un pequeño esquema de la preforma para conocer la orientación de cada lado y las dimensiones. (Se puede ver más ampliado en el proyecto, así como el resto de condiciones iniciales)

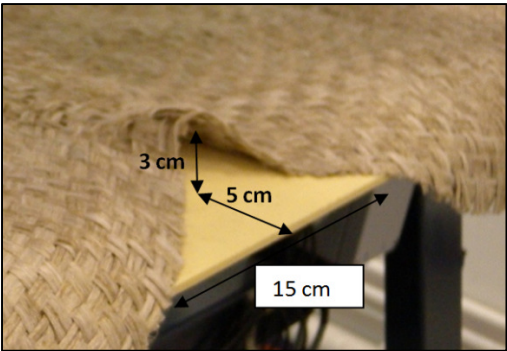
En lo que se refiere a la geometría y defectos a la escala de la preforma, se observa la formación de bucles alrededor de puntos triples, en las artistas y a lo largo del eje de simetría de la preforma.



El fenómeno de la formación de bucles es una consecuencia de la embutición. Estos son defectos resultado del cambio de plano de algunas tramas del refuerzo que generan un sobre-espesor de material. El fenómeno proviene de una tensión consecuente de mechas de una dirección (por adaptarse a la forma solicitada) que entraña al resto del refuerzo un efecto de compresión de mechas en la dirección perpendicular. Como la rigidez de mechas a compresión es casi nula, estas se curvan y salen del plano de la preforma fácilmente. Estos bucles perturban el flujo de resina durante la fase de inyección y por tanto hacen que la pieza sea inaceptable.



Los pliegues son otros defectos visibles, pero no necesariamente producidos en la zona útil de la preforma. Estos pliegues aparecen entre los sujeta-lados y son consecuencia, al igual que los bucles, de una tensión importante en una dirección que implica la retracción del tejido. (En el proyecto de pueden ver más imágenes)



En cuanto al ángulo de cizallamiento, se ha medido en las zonas correspondientes a las esquinas de la preforma y las hemos denominado de acuerdo al esquema inicial mostrado en el que a cada lado le corresponde una letra: A, B, C y D

|                     | Coin A-B             |                      | Coin B-C             |                      | Coin C-D             |                      | Coin D-A             |                      |
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                     | 1 <sup>er</sup> mes. | 2 <sup>de</sup> mes. | 1 <sup>er</sup> mes. | 2 <sup>de</sup> mes. | 1 <sup>er</sup> mes. | 2 <sup>de</sup> mes. | 1 <sup>er</sup> mes. | 2 <sup>de</sup> mes. |
|                     | $\theta$             | $\theta$             | $\theta$             | $\theta$             | $\theta$             | $\theta$             | $\theta$             | $\theta$             |
| 1                   | 42                   | 44                   | 53                   | 52                   | 53                   | 54                   | 45                   | 48                   |
| 2                   | 44                   | 47                   | 53                   | 53                   | 53                   | 52                   | 45                   | 47                   |
| 3                   | 42                   | 46                   | 55                   | 53                   | 54                   | 53                   | 45                   | 47                   |
| 4                   | 42                   | 43                   | 52                   | 54                   | 55                   | 54                   | 46                   | 47                   |
| 5                   | 43                   | 42                   | 54                   | 53                   | 52                   | 52                   | 43                   | 46                   |
| 6                   | 42                   | 45                   | 56                   | 52                   | 53                   | 53                   | 44                   | 46                   |
| 7                   | 43                   | 46                   | 53                   | 51                   | 54                   | 54                   | 43                   | 48                   |
| 8                   | 44                   | 44                   | 54                   | 52                   | 55                   | 53                   | 44                   | 47                   |
| 9                   | 43                   | 45                   | 56                   | 52                   | 54                   | 54                   | 44                   | 47                   |
| $\sum \theta_i / n$ | 42,8                 | 44,7                 | 54,0                 | 52,4                 | 53,7                 | 53,2                 | 44,3                 | 47,0                 |
| $\theta$            | 43,7                 |                      | 53,2                 |                      | 53,4                 |                      | 45,7                 |                      |
| $\gamma$            | <b>46,3</b>          |                      | <b>36,8</b>          |                      | <b>36,6</b>          |                      | <b>44,3</b>          |                      |

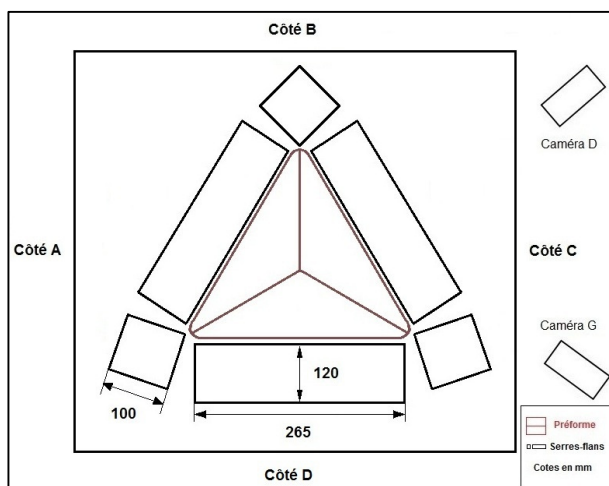
Se puede ver que existe homogeneidad de resultados en las esquinas dos a dos, sin embargo, dada la simetría del conjunto, la deformación angular debería ser la misma en todos los puntos medidos. Esta desviación puede ser causada por una presión de los sujeta-lados desigual, lo que provoca que en algunos de ellos el tejido, a lo largo del proceso de embutición, pueda deslizarse con mayor facilidad que en otros.

En cualquier caso, si se toma un valor medio aproximado entre las cuatro esquinas analizadas, se obtiene un ángulo de cizallamiento de unos 40°.

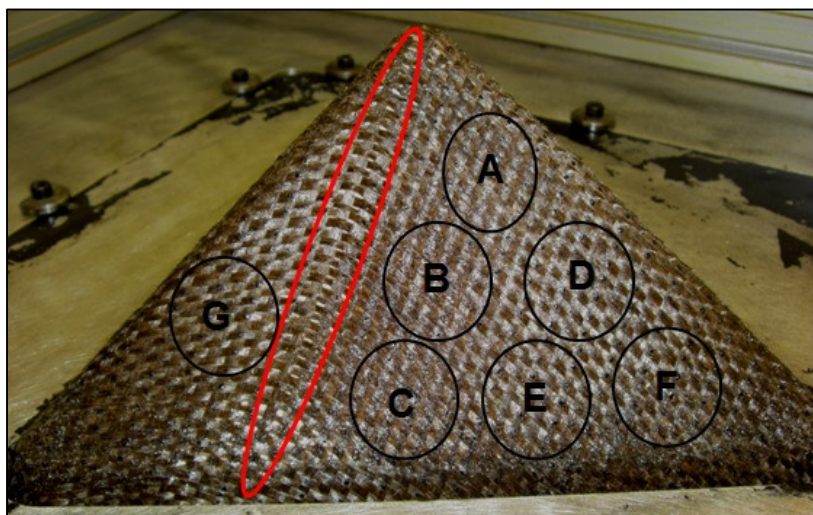
## Segundo ensayo: Preforma tetraédrica y refuerzo B

El esquema representativo de la disposición de la preforma con respecto a las cámaras es el siguiente:

En lo que se refiere a la geometría y defectos a la escala de la preforma, la principal diferencia entre ese ensayo y el anterior es la localización de los bucles y de los pliegues y las dimensiones de los primeros. En este segundo ensayo, al disponer de un refuerzo formado por mechas más finas, la altura de los bucles es menor y la distancia entre mechas también disminuye, por lo que, de cara a el proceso de inyección de resina en las fases posteriores del proceso RTM, no presentará tantos problemas como en el caso anterior. Así, podemos aventurarnos a sacar una primera conclusión, pero sin darla por sentado, a favor de este segundo tejido.



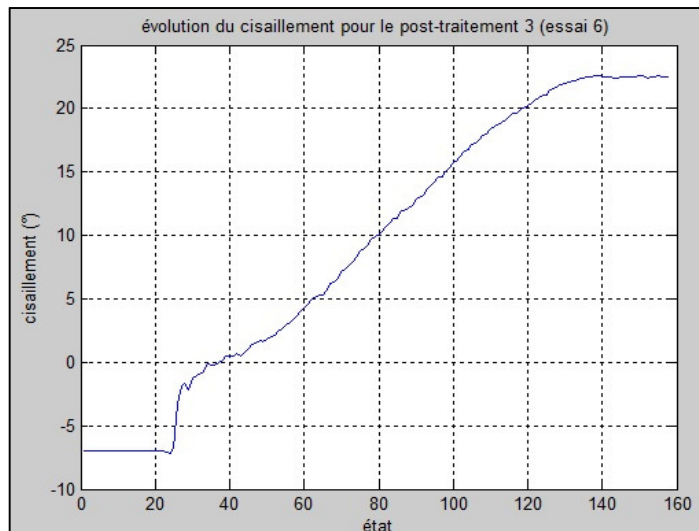
El ángulo de cizallamiento ha sido analizado en diferentes zonas de la cara C que fotografiaban las cámaras. Se ha dividido en 7 zonas diferentes, entre las cuales la C, la E y la F no disponen de todos los datos en su evolución, puesto que en las primeras fases del ensayo (en las últimas según el post-tratamiento de datos ya que se realiza de forma inversa) se encuentran tapadas y no son filmadas por las cámaras. He aquí la disposición:



La tabla de resultados de medidas manuales se encuentra disponible en el proyecto, aquí sólo se mostrarán los resultados finales de los ángulos:

|          | A    | B    | C    | D    | E    | F    | G    |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|
| $\gamma$ | 22,5 | 22,9 | 22,1 | 23,1 | 23,0 | 21,6 | 22,6 |

Los resultados obtenidos con DEFTAC 3D permiten conocer no sólo el valor final del ángulo de cizallamiento sino también la evolución de este con el tiempo. A continuación se muestra un gráfico obtenido con MATLAB al realizar el post-tratamiento de datos. Para ver el resto de gráficos de las diferentes zonas (A - G), así como la tabla de datos se puede mirar el Anexo 3 del proyecto.



### Tercer ensayo: Preforma prismática y refuerzo B

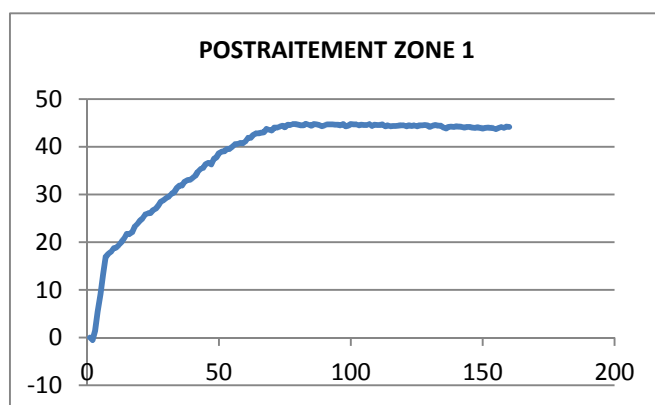
La disposición del tejido y la preforma es la misma que en la del primer ensayo, por lo que no se muestra el esquema como en casos anteriores (para ello mirar la página 66 del proyecto).

En este ensayo se cambió la presión de los sujeta-lados, aumentándola a 1,2 bar en lugar de 1bar, y las consecuencias fueron nefastas puesto que no permitió la evaluación válida de resultados. Las mechas de unos de los lados sufrieron tales deformaciones que sería imposible seguir adelante con el proceso RTM de formación de la pieza (se pueden ver imágenes ). La parte positiva fue que se acotaron los valores de presión aplicables a este refuerzo tipo B de fibra de lino.

Aun así, se analizaron algunas características de la preforma obtenida y el ángulo de cizallamiento de la cara deformada según lo esperado, que además coincidía con la fotografiada por las cámaras.

En cuanto al ángulo de cizallamiento medido de forma manual se obtuvo de 45° para la zona 1, que posteriormente se comprobó su coincidencia con los resultados obtenidos mediante software.

Se pueden ver imágenes en el proyecto.



## 5. Conclusiones

La fibra de lino presenta una oportunidad como refuerzo de materiales compuestos, respetuosa con el medio ambiente, económica y resistente para la fabricación de piezas tridimensionales y de preformas como las estudiadas, siempre y cuando sean de baja responsabilidad estructural.

Las instalaciones utilizadas permiten el análisis de diferentes tipos de refuerzos con diferentes preformas y bajo condiciones de ensayo que se pueden variar. Ahora bien, aún falta un camino largo para acotar más las posibilidades de uso y poder tener más fiabilidad a la hora de utilizar tejidos en fibra de lino.

Si bien, el ángulo de cizallamiento y las deformaciones lineales son variables necesarias a medir previas a la fabricación de piezas, también se deberían medir las tensiones de trabajo de las mechas más solicitadas a partir de las propiedades del tejido aportadas por el fabricante. De igual modo, también sería conveniente probar su resistencia ante impactos.

Por último, para hacer más valioso los proyectos de futuros estudiantes creo que se debería enfocar su labor de una forma más clara dentro del proceso RTM, y ver in situ, en las instalaciones del laboratorio Prisme el proceso de fabricación de piezas, incluyendo la etapa de inyección de resina. Así, se podrá valorar más nuestra labor como parte de un proyecto y no como una simple práctica de laboratorio a gran escala.

Desde el punto de vista personal, esta experiencia me ha permitido aumentar mis conocimientos sobre materiales compuestos, conocer las posibilidades de un refuerzo desconocido para mí hasta entonces como es la fibra de lino, y aprender a utilizar un banco de ensayos y un software de tratamiento de datos. Además he tenido la oportunidad de aprender un nuevo idioma como es el francés, conocer grandes profesionales, buenas personas y culturas de diferentes países, lo cual me ha llevado a mejorar mis relaciones humanas y desarrollar habilidades sociales. Sin duda alguna una gran experiencia